

PERANCANGAN KEBIJAKAN PERAWATAN MESIN CUTTING PADA PABRIK PIPA DENGAN MENGGUNAKAN *RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY (RAM) ANALYSIS* DAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)* (Studi Kasus: PT XYZ)

DESIGNING OF CUTTING MACHINE CARE POLICY USING RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY (RAM) ANALYSIS AND RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) METHOD (Case Study: PT XYZ)

Fididio Agoeng Pamboedi¹, Endang Budiasih², Fransiskus Tatas Dwi Atmaji³

^{1, 2, 3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹dio17Theone@gmail.com, ²Endang.budiasih@gmail.com, ³Franstatas@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

PT XYZ merupakan salah satu industri manufaktur yang bergerak dibidang Baja dan Beton siap pakai untuk industri konstruksi, kelistrikan, pertambangan, telekomunikasi dan perhubungan. Mesin Cutting merupakan salah satu mesin yang harus selalu siap pakai karena mempengaruhi proses produksi dan target produksi. Karena tingginya tingkat frekuensi downtime pada Mesin Cutting, maka diperlukan suatu kegiatan perawatan yang efektif, cara yang dilakukan pada penelitian keandalan mesin adalah menggunakan metode Reliability, Availability, Maintainability (RAM) analysis dan juga untuk menentukan kebijakan perawatan yang efektif dan tepat untuk Mesin Cutting adalah menggunakan metode Reliability Centered Maintenance (RCM). Berdasarkan perhitungan metode RAM Analysis dengan menggunakan pemodelan *Reliability Block Diagram* diketahui bahwa *Reliability* sistem pada waktu 112 jam sistem memiliki nilai *Reliability* (1%). Nilai *Maintainability* sistem pada waktu 5 jam adalah 100%. Nilai *Inherent Availability* sebesar 97,34% dan nilai *Operational Availability* sebesar 88,77%. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan dengan menggunakan *World Class Key Performance Indicator*, indikator dari *Lagging Indicator* belum mencapai target indikator yang diberikan sedangkan *Leading Indicator* telah mencapai target. Dengan metode RCM, didapat 2 *Schedule On-Condition Task*, 3 *Schedule Restoration Task* dan 1 *Schedule Discard Task* dengan interval waktu perawatan yang berbeda sesuai dengan subsistemnya masing-masing, serta penurunan biaya *preventive maintenance* sebesar Rp 3.467.688.301.

Kata Kunci: *Reliability Availability Maintainability (RAM), Reliability Centered Maintenance (RCM), Preventive Maintenance, Key Performance Indicator, Downtime.*

Abstract

PT XYZ is one of the manufacturing industries engaged in ready-made Steel and Concrete for construction industry, electricity, mining, telecommunication and transportation. Cutting machine is one of the machines that must always be ready to use because it affects the production process and production targets. Due to the high level of downtime frequencies in Cutting Machines, an effective maintenance activity is required, the way in which the reliability research of the machine is to use Reliability, Availability, Maintainability (RAM) analysis and also to determine the effective and appropriate maintenance policy for Cutting Machine is using Reliability Centered Maintenance (RCM) method. Based on calculation method of RAM Analysis by using Reliability Block Diagram is known that Reliability system at 112 hour system have value Reliability (1%). The value of Maintainability system at 5 hours is 100%. Inherent Availability value of 97,34% and the value of Operational Availability of 88,77%. Based on the evaluation conducted using World Class Key Performance Indicator, indicator of Lagging Indicator has not reached the target indicator given while Leading Indicator has reached the target. With RCM method, 2 Schedule On-Condition Tasks, 3 Schedule Restoration Tasks and 1 Schedule Discard Task with different maintenance intervals based on their respective subsystems, and Rp 3.467.688.301 reduction in preventive maintenance cost.

Keywords : *Reliability Availability Maintainability (RAM), Reliability Centered Maintenance (RCM), Preventive Maintenance, Key Performance Indicator, Downtime*

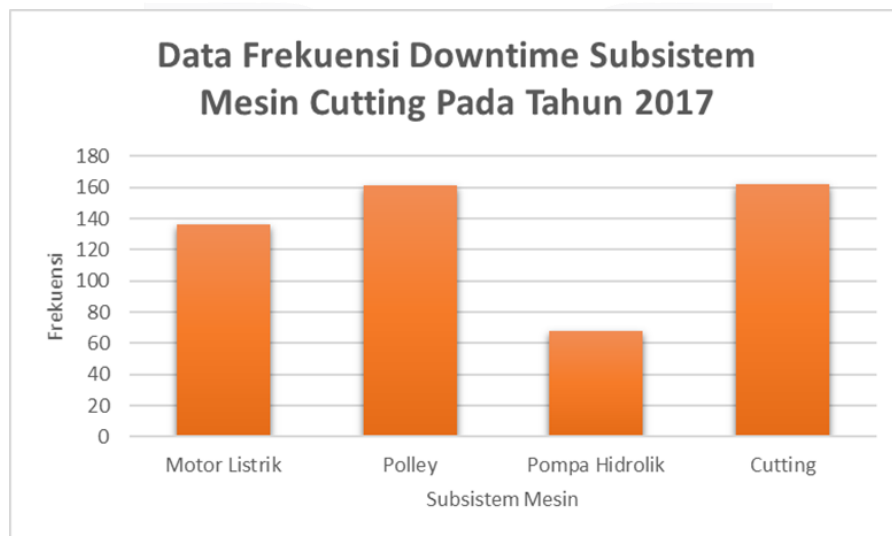
1. Pendahuluan

PT XYZ merupakan salah satu industri manufaktur yang bergerak dibidang Baja dan Beton siap pakai untuk industri konstruksi, kelistrikan, pertambangan, telekomunikasi dan perhubungan. PT XYZ memiliki 4 jenis produk yang di produksi yaitu : Beton, Baja, Galvanis dan Tower. Baja merupakan salah satu jenis produk yang diproduksi oleh PT XYZ, contoh produk dari produksi Baja yaitu Pipa. PT XYZ menggunakan tujuh jenis mesin yang mendukung line produksi Pipa, setiap mesin masing-masing memiliki fungsi yang berbeda. Peranan tiap-tiap mesin di line produksi sangat penting diperhatikan karena jika mesin mengalami kerusakan secara tiba-tiba maka akan menghambat proses produksi dan akan mengakibatkan jumlah produksi menurun sehingga berdampak kerugian kepada perusahaan, misalnya maintenance cost yang harus serendah-rendahnya apabila terjadi kerusakan. Maka dari itu tingkat keandalan dari tiap-tiap mesin yang berjalan sangat penting untuk diperhatikan agar tingkat performansi mesin selalu baik.

Tabel 1 Frekuensi Downtime Subsistem Mesin Cutting

Mesin	Subsistem	Frekuensi Downtime
Mesin Cutting	Motor Listrik	136
	Polley	161
	Pompa Hidrolik	68
	Cutting	162

Berdasarkan kepada Tabel 1 bahwa subsistem mesin *Cutting* memiliki frekuensi downtime mesin yang berjumlah 527 kali *downtime* pada bulan Februari hingga Desember tahun 2017. Mesin *Cutting* merupakan salah satu mesin yang harus selalu siap pakai karena mempengaruhi proses produksi dan target produksi. Karena tingginya tingkat frekuensi *downtime* pada Mesin *Cutting*, maka diperlukan suatu kegiatan perawatan yang efektif sehingga dipilih Mesin *Cutting* pada line produksi Pipa sebagai objek penelitian. Untuk itu diperlukan penentuan waktu penggantian yang tepat sebelum komponen tersebut rusak total dan tidak dapat berfungsi sama sekali [1]



Gambar 1 Grafik Frekuensi Downtime Subsistem Mesin Cutting

Tingkat frekuensi *downtime* yang tinggi membuat availabilitas dari Mesin *Cutting* cenderung tidak stabil dan akan berpengaruh kepada tingkat kehandalan Mesin *Cutting*. Salah satu cara yang dilakukan pada penelitian keandalan mesin adalah menggunakan metode *Reliability, Availability, Maintainability (RAM) analysis*. Dan juga untuk menentukan kebijakan perawatan yang efektif dan tepat untuk Mesin *Cutting* adalah menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1 Risk Matrix

Risk Matrix merupakan suatu cara untuk mengidentifikasi tingkat risiko yang terjadi pada suatu sistem berdasarkan tingkat frekuensi kejadian serta konsekuensi yang diakibatkan oleh risiko tersebut [2]. Untuk membuat *Risk Matrix* mendahulukan penentuan kategori-kategori pada tingkat frekuensi serta konsekuensi yang terjadi. Dengan adanya jumlah risiko yang terjadi, maka untuk tingkat frekuensi dapat dikategorikan menjadi

improbable, remote, occasional, probable, dan frequent. Untuk tingkat konsekuensi dapat dikategorikan menjadi *minor, major, hazardous, dan critical*.

2.2 RAM Analysis

Reliability, Availability, Maintainability (RAM) analisis merupakan suatu metode dalam hal perawatan atau *maintenance* untuk memprediksi tingkat keandalan (*Reliability*), ketersediaan (*Availability*), kemapurawatan (*Maintainability*) dari komponen ataupun sistem.

1. Reliability

Reliability merupakan karakteristik komponen, yang dinyatakan dalam probabilitas bahwa itu dilakukan sesuai dengan syarat fungsi pada kondisi tertentu dalam interval waktu yang telah ditentukan [3]. Nilai *Reliability* pada komponen maupun sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk peluang, dengan nilai R (*Reliability*) antara 0—1[4]

2. Availability

Availability merupakan waktu fraksi komponen atau sistem yang tersedia untuk dipakai, yang artinya tidak ditutup karena kegagalan [5]. Pada *Availability* ini terdapat dua bentuk yaitu *Inherent Availability* dan *Operational Availability*.

3. Maintainability

Maintainability adalah karakteristik dari suatu komponen, yang dinyatakan oleh probabilitas bahwa perawatan preventif atau perbaikan komponen akan dilakukan pada saat kondisi atau keadaan yang dinyatakan dengan interval waktu untuk prosedur dan sumber daya yang diberikan (tingkat keterampilan personil, komponen cadangan, dll) [3].

2.3 Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan perawatan berbasis kehandalan dimana pendekatan RCM mengasumsikan bahwa perawatan tidak dapat berindak lebih dari menjamin agar asset terus menerus mencapai kemampuan dasarnya [6]

3. Pembahasan

3.1 Pemilihan Subsistem Kritis

Pola dasar dari fungsi laju kerusakan $\lambda(t)$ akan berubah sepanjang waktu dari produk tersebut mengalami usaha serta umumnya laju kerusakan suatu sistem selalu berubah sesuai dengan bertambahnya waktu [7]. Pada mesin *Cutting* ini mempunyai empat subsistem yang mendukung performansi kerjanya yaitu Motor Listrik, Polley, Pompa dan *Cutting*. Pemilihan subsistem kritis dilakukan dengan menggunakan *Risk Matrix* yang menurut hasil pada Tabel 2, subsistem kritis yang terpilih adalah Polley dan *Cutting* yang memiliki risiko lebih tinggi dari subsistem lainnya.

Tabel 2 Hasil Risk Matrix

Table 2 Risk Matrix							
Critical	4	CONSEQUENCE					
Hazardous	3						
Major	2			Pompa Hidrolik	Motor Listrik		Polley, Cutting
Minor	1						
Risk Matrix			LIKELIHOOD				
			1	2	3	4	5
			Improbable	Remote	Occasional	Probable	Frequent

3.2 Time to Failure

Menentukan distribusi dan parameter *Time to Failure* pada mesin *Cutting* menggunakan data kerusakan mesin *Cutting* pada bulan Februari sampai Desember 2017. Perhitungan *Time to Failure* menggunakan *Anderson-Darling Test* dengan bantuan *software* Minitab 17 dan Avsim+ 9.0 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Distribusi dan Mean Time To Failure

Subsistem	Distribusi Terpilih	Parameter	Nilai Parameter	Tabel Gamma	MTTF (Jam)
Polley	Weibull	η	27,5588	1,286261901	35,45
		β	0,688538		
Cutting	Weibull	η	60,1409	0,933955987	56,17
		β	1,23524		

Berdasarkan dari Tabel 3, bisa dilihat bahwa distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem adalah Weibull dengan nilai *mean time to failure* dapat dilihat diatas. Untuk parameter $\beta < 1$, berartikan bahwa subsistem mesin masih di dalam fase *Early-Life failure* namu untuk parameter $\beta > 1$, maka dapat diartikan subsistem mesin telah mencapai fase *wearout failure*.

3.3 Time to Repair

Menentukan distribusi dan parameter *Time to Repair* pada mesin *Cutting* menggunakan data kerusakan mesin *Cutting* pada bulan Februari sampai Desember 2017. Perhitungan *Time to Repair* menggunakan *Anderson-Darling Test* dengan bantuan *software* Minitab 17 dan Avsim+ 9.0 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Distribusi dan Mean Time To Repair

Subsistem	Distribusi Terpilih	Parameter	Nilai Parameter	MTTR (Jam)
Polley	Weibull	η	0,149279	0,39
		β	0,441782	
Cutting	Weibull	η	0,908	0,91
		β	0,990328	

Berdasarkan dari Tabel 4, bisa dilihat bahwa distribusi yang terpilih untuk setiap subsistem adalah Weibull dengan nilai *mean time to repair* dapat dilihat diatas.

3.4 Reliability Block Diagram

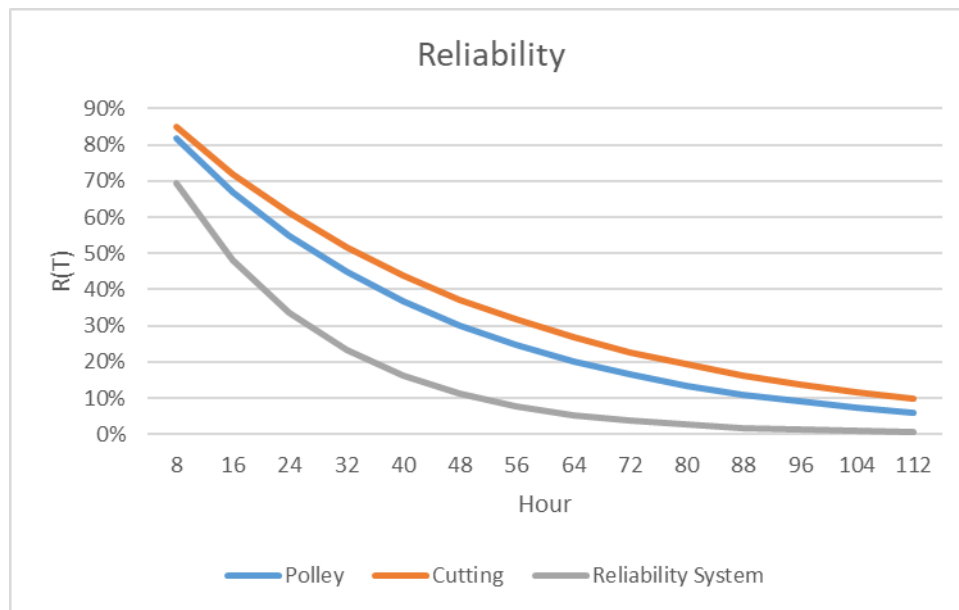


Gambar 2 Reliability Block Diagram

Berdasarkan pada gambar 2, bisa dilihat bahwa subsistem kritis pada mesin *cutting* memiliki sistem seri, yang dapat diartikan bahwa apabila salah satu subsistem mengalami kerusakan maka menyebabkan mesin tidak bisa digunakan dan akan mengganggu proses produksi.

3.5 Perhitungan Analytical Reliability

Perhitungan *analytical reliability* merupakan perhitungan keandalan yang menggunakan *reliability block diagram* pada saat sistem dalam keadaan *frozen state*, yaitu dengan menggunakan data *Time To Failure*, serta dengan waktu yang konstan. Pada penelitian ini, waktu yang ditentukan adalah 8 jam sampai dengan 112 jam dengan interval 8 jam.

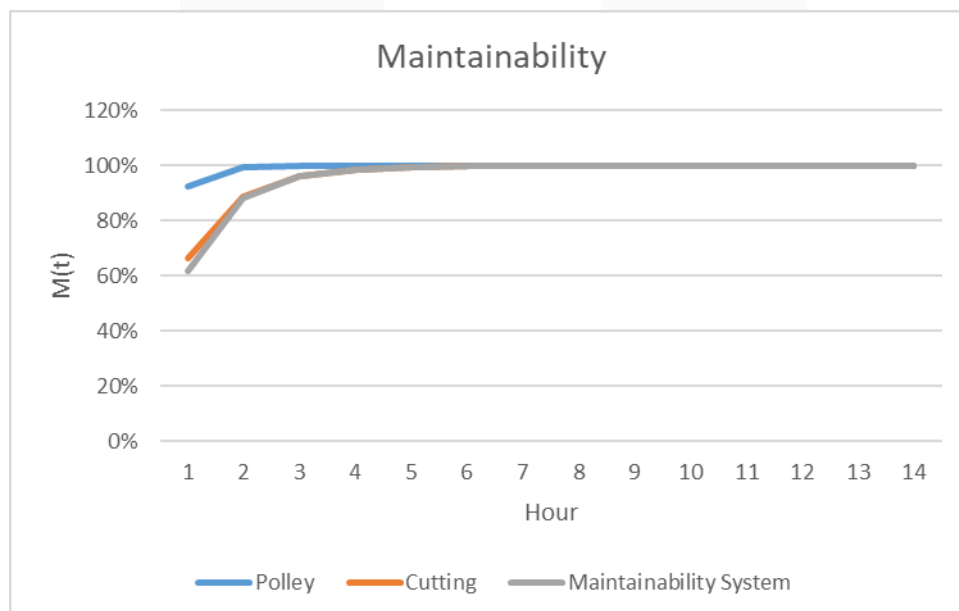


Gambar 3 Grafik Hasil Perhitungan Analytical Approach Reliability

Berdasarkan pada gambar 3, bisa dilihat bahwa subsistem kritis mesin *cutting* saat kondisi eksisting yaitu Motor Listrik, Polley, dan Cutting. Dimana *Reliability* pada subsistem kritis mesin *cutting* mengalami penurunan *Reliability* seiring dengan penambahan waktu karena semakin panjang waktu interval pemakaian sistem maka *Reliability* akan menurun. Dari hasil perhitungan *Reliability* subsistem kritis mesin *cutting* didapatkan nilai *Reliability* dari yang tertinggi hingga terendah pada saat $t = 112$ jam, adalah *cutting* sebesar 10% dan polley 6%.

3.6 Perhitungan Maintainability

Pada perhitungan *maintainability* ini dilakukan pada setiap subsistem kritis mesin *cutting* dengan menggunakan data *Time To Repair* karena besar peluang memperbaiki subsistem kritis pada mesin *cutting* dapat dipresentasikan. Pada penelitian ini, waktu yang digunakan untuk perhitungan adalah 1 jam hingga 14 jam, dengan interval 1 jam.



Gambar 4 Grafik Hasil Perhitungan Analytical Approach Maintainability

Berdasarkan pada gambar 4, bahwa subsistem kritis mesin *cutting* saat kondisi eksisting yaitu Polley, dan *Cutting* menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki subsistem berkisar pada saat $t = 1$ jam

hingga $t = 14$ jam. Besarnya nilai MTTR dapat berpengaruh kepada waktu peluang subsistem dapat diperbaiki karena semakin tinggi nilai MTTR maka nilai waktu peluang subsistem dapat diperbaiki akan menurun.

3.7 Perhitungan Availability

Berdasarkan pada hasil perumusan *analytical availability* pada RBD yang telah dilakukan, perhitungan *Availability* subsistem mesin *Cutting* dilakukan dengan menggunakan *World Class Key Performance Indicator* [8].

Tabel 5 Hasil Perhitungan Analytical Availability

Subsistem	Inherent Availability	Performance Indicator (95%)	Operational Availability	Performance Indicator (95%)
Polley	98,92%	Achieved	96,59%	Achieved
Cutting	98,40%	Achieved	91,91%	Not Achieved

3.8 Reliability Centered Maintenance

Pengukuran kualitatif dari Perawatan berlandaskan *Reliability* dimulai dari menganalisa setiap fungsi dan kegagalan fungsional yang terjadi dalam subsistem kritis. Bentuk kegagalan dan efeknya akan dilakukan dalam bentuk *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Setelah melakukan FMEA, untuk mengetahui dan memahami konsekuensi yang disebabkan oleh kegagalannya, *Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan suatu pengukuran kualitatif yang bertujuan untuk memprioritaskan lebih jauh sumber daya yang harus dilakukan untuk masing-masing bentuk kegagalan [9].

3.9 Interval Waktu Perawatan

Perhitungan waktu interval digunakan untuk menentukan waktu optimal pemeliharaan dengan menggunakan rumus yang berbeda tergantung pemeliharaan dan distribusi yang digunakan, perhitungan interval waktu berdasarkan pemeliharanya sebagai berikut :

1. Schedule On-Condition Task

Interval waktu perawatan untuk *Schedule On-Condition Task* diperoleh dari $\frac{1}{2}$ P-F interval. P-F interval merupakan sebagai interval antara kejadian *potential failure* dan kondisi kerusakan *functional equipment* [10].

Tabel 6 Maintenance Task dan Interval waktu perawatan Schedule On-Condition Task

Subsistem	Information Reference			Task Usulan	P-F Interval (MTTF)	Initial Interval (Hour)	Initial Interval (Day)
	F	FF	FM				
Polley	1	1	1	Melakukan pengecekan	35,45	17,72	2,2
Cutting	1	1	1	Melakukan pengecekan	56,17	28,08	3,5

2. Schedule Restoration Task dan Schedule Discard Task

Untuk menentukan *Schedule Restoration Task* dan *Schedule Discard Task*, adapun inputannya seperti biaya pergantian (C_F) dan biaya *preventive* (C_P) [11]. Rumus biaya pergantian dan biaya *preventive* dapat dilihat dibawah ini.

$$C_F = (C_O + C_W) \times MTTR + C_r \quad (1)$$

$$C_P = (C_O + C_W) \times MTTR + C_M \quad (2)$$

$$TM = \eta \times \left(\frac{C_P}{C_F(\beta - 1)} \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (3)$$

Dimana,

C_F = Biaya pergantian

C_P = Biaya *preventive*

C_o = Loss Of Revenue
 C_w = Biaya upah *maintenance crew*
 C_r = Biaya Komponen
 $MTTR$ = waktu perbaikan *preventive*
 TM = Interval waktu perawatan

Tabel 7 Maintenance Task dan Interval waktu perawatan Schedule Restoration dan Discard Task

Subsistem	Information Reference			Proposed Task	Initial Interval (TM/Hours)	Initial Interval (Day)
	F	FF	FM			
Polley	1	1	2	Schedule Restoration Task	152,5	19,1
	1	1	3	Schedule Restoration Task	152,5	19,1
Cutting	1	1	2	Schedule Discard Task	193,2	24,2
	1	1	3	Schedule Restoration Task	194,8	24,4

3.10 Total Biaya Perawatan

Total biaya perawatan dapat ditentukan dari usulan *preventive task* dan interval waktu perawatan yang telah ditentukan sebelumnya. Rumus untuk menghitung total biaya adalah sebagai berikut [12].

$$TC = (C_p + C_r) \times F_M \quad (4)$$

Dimana,

TC = Total biaya perawatan *preventive task*

F_M = Frekuensi melakukan perawatan

Berdasarkan kalkulasi, didapatkan total biaya *preventive maintenance* usulan selama satu tahun sebesar Rp 14.741.692.365 dan total biaya *preventive maintenance* eksisting selama satu tahun sebesar Rp 18.209.380.666.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis dari *RAM analysis* sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan pemodelan *Reliability Block Diagram* didapatkan hasil *analytical approach*, pada waktu 112 jam, sistem memiliki *Reliability* (1%), nilai *Maintainability* sistem pada $t = 5$ jam adalah 100%, dan berdasarkan evaluasi *World Class Key Performance Indicator*, subsistem belum mencapai target yang diberikan pada *Lagging Indicator* tetapi sudah mencapai target pada *Leading Indicator*. Berdasarkan kalkulasi dan analisis dari *Reliability Centered Maintenance* sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa *preventive task* yang diusulkan untuk dua subsistem kritis mesin *cutting* (Polley dan *Cutting*) terdapat dua *schedule on-condition task*, tiga *schedule restoration task* dan satu *schedule discard task* dan didapatkan total biaya *preventive maintenance* usulan selama satu tahun sebesar Rp 14.741.692.365 dan total biaya *preventive maintenance* eksisting sebesar Rp 18.209.380.666 yang berarti dapat menurunkan biaya *preventive maintenance* sebesar Rp 3.467.688.301.

Daftar Pustaka

- [1] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT KSM, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. April, pp. 7–11, 2015.
- [2] ABS, "Guidance Notes on Reliability Centered Maintenance," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, p. 145, 2004.
- [3] A. Birolini, *Reliability Engineering Theory and Practice*, 8th ed. Tuscany, 2017.
- [4] I. Praesita, J. Alhilman, F. R. Industri, U. Telkom, K. P. Indicator, and R. B. Diagram, "PENILAIAN KINERJA BERBASIS RELIABILITY PADA CONTINUOUS CASTING MACHINE 3 (CCM 3) PT KRAKATAU STEEL (Persero) Tbk MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY AVAILABILITY MAINTAINABILITY (RAM) DAN COST OF UNRELIABILITY (COUR) CASTING MACHINE 3 (CCM 3) IN PT K," vol. 4, no. 2, pp. 2884–2891, 2017.
- [5] A. Ebrahimi, "Effect analysis of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) Parameters in design and operation of Dynamic Positioning (DP) systems in floating offshore

- structures,” *Master Thesis Writ. KTH, R. Inst. Technol. Sch. Ind. Eng.*, no. October, 2010.
- [6] U. T. judi adhilman Kirana, “Perencanaan Kebijakan Perawatan Mesin Corazza FF100 Pada Line 3 PT XYZ Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, pp. 47–53, 2016.
- [7] A. R. Eliyus, J. Alhilman, and Sutrisno, “Estimasi Biaya Maintenance Dengan Metode Markov Chain Dan Penentuan Umur Mesin Serta Jumlah Maintenance Crew Yang Optimal Dengan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT Toa Galva),” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2014.
- [8] A. Weber and R. Thomas, “Key Performance Indicators - Measuring and Managing the Maintenance,” *IAVARA Work Smart*, no. November, pp. 1–16, 2005.
- [9] M. Ben-Daya, S. O. Duffuaa, J. Knezevic, and D. Ait-Kadi, *Handbook of Maintenance management and Engineering*. Dharan: Springer-Verlag London Limited, 2009.
- [10] J. Moubray, *Reliability Centered Maintenance II*, 1st ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, Ltd, 1991.
- [11] I. Soesetyo and L. Y. Bendatu, “Penjadwalan Predictive Maintenance dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indonesia - Sepanjang,” *Penjadwalan Predict. Maint. dan Biaya Perawatan Mesin Pellet di PT Charoen Pokphand Indones. - Sepanjang*, vol. 2, no. 2, pp. 147–154, 2014.
- [12] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, “USULAN PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN KOMORI LS440 (RCM II) DAN RISK BASED MAINTENANCE (RBM) DI PT ABC,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.